

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-85961

(P2002-85961A)

(43) 公開日 平成14年3月26日 (2002.3.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
B 0 1 J 19/00	3 2 1	B 0 1 J 19/00	3 2 1 2 G 0 4 2
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	N 2 G 0 5 9
14/08		14/08	D 4 G 0 7 5
14/10		14/10	4 K 0 2 9
14/14		14/14	B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-278502(P2000-278502)

(22) 出願日 平成12年9月13日 (2000.9.13)

(71) 出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(72) 発明者 山本 貴富喜

埼玉県和光市新倉2-7-73-201

(72) 発明者 藤井 輝夫

東京都目黒区上目黒5-17-1-207

(72) 発明者 洪 ▲じょん▼▲うく▼

東京都文京区大塚3-34-9-803

(74) 代理人 100087000

弁理士 上島 淳一

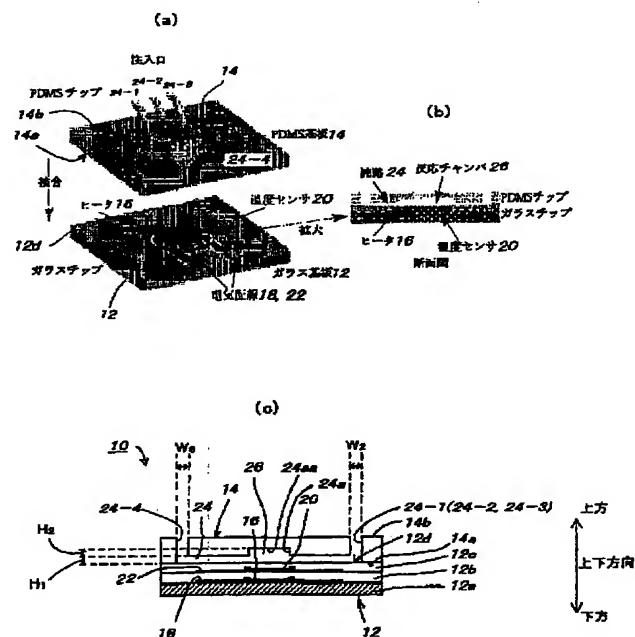
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リアクタおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】微量なサンプルを用いた化学反応や分析などを行うことができるようにする。

【解決手段】内部に加熱手段が配設された平板状の第1の基板と、上記第1の基板の上面に配設され、上記第1の基板の上面に配置される面に所定の形状の流路が形成された平板状の第2の基板とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部に加熱手段が配設された平板状の第 1 の基板と、

前記第 1 の基板の上面に配設され、前記第 1 の基板の上面に配置される面に所定の形状の流路が形成された平板状の第 2 の基板とを有するリアクタ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のリアクタにおいて、前記第 2 の基板の前記流路は、複数の注入口を有するものであるリアクタ。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 のいずれか 1 項に記載のリアクタにおいて、前記第 1 の基板の内部に配設された前記加熱手段と前記第 1 の基板の上面との間に配設された温度センサを有するリアクタ。

【請求項 4】 請求項 1、請求項 2 または請求項 3 のいずれか 1 項に記載のリアクタにおいて、前記第 2 の基板の前記流路は、前記第 1 の基板の上面に配設されたときに前記第 1 の基板の内部に配設された加熱手段と対向する区間に、前記第 1 の基板の上面に対して凹状に窪んだ部分を有し、該凹状に窪んだ部分は前記第 1 の基板の上面に前記第 2 の基板が配設されたときにチャンバを形成するものであるリアクタ。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のリアクタにおいて、前記第 1 の基板の前記加熱手段は前記第 1 の基板の上面に沿って矩形形状の領域を有し、前記第 2 の基板の前記流路の前記凹状に窪んだ部分は円柱状形状であって、該円柱状形状の凹状に窪んだ部分の底部の円形形状の領域が前記第 1 の基板の前記加熱手段の矩形形状の領域より狭いものであるリアクタ。

【請求項 6】 請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 または請求項 5 のいずれか 1 項に記載のリアクタにおいて、前記第 1 の基板、前記第 1 の基板の内部に配設された前記加熱手段、前記温度センサーならびに前記第 2 の基板はいずれも透明であるリアクタ。

【請求項 7】 ガラスにより形成される平板状のガラス層と、 $\text{SiO}_2$  により形成され前記ガラス層に積層される平板状の第 1 の  $\text{SiO}_2$  層と、 $\text{SiO}_2$  により形成され前記第 1 の  $\text{SiO}_2$  層に積層される平板状の第 2 の  $\text{SiO}_2$  層とを有し、前記ガラス層と前記第 1 の  $\text{SiO}_2$  層との間において矩形形状の領域を有する第 1 の ITO (Indium Tin Oxide) と前記第 1 の ITO に至る Al とを配設するとともに、前記第 1 の  $\text{SiO}_2$  層と前記第 2 の  $\text{SiO}_2$  層との間において、前記ガラス層と前記第 1 の  $\text{SiO}_2$  層との間に配設された前記第 1 の ITO の矩形形状の領域内に対応する領域において蛇行線を描く第 2 の ITO と前記第 2 の ITO に至る Al とを配設する透明な第 1 の基板と、PDMS (ポリジメチルシロキサン) により形成され、前記第 1 の基板の前記第 2 の  $\text{SiO}_2$  層の上面に配設さ

れたときに前記第 1 の基板の前記第 1 の ITO と対向する区間に、前記第 1 の基板の前記第 1 の ITO の矩形形状の領域より狭い円形形状の領域の底部を有する円柱状形状の前記第 1 の基板の上面に対して凹状に窪んだ部分を有する所定の形状の流路が前記第 1 の基板の前記第 2 の  $\text{SiO}_2$  層の上面に面接する面に形成された透明な第 2 の基板とを有し、

前記第 1 の基板の前記第 2 の  $\text{SiO}_2$  層の上面に配設されたときに、前記第 1 の基板の前記第 2 の  $\text{SiO}_2$  層の上面と前記第 2 の基板の前記凹状に窪んだ部分とによって円柱状形状のチャンバが形成されるものであるリアクタ。

【請求項 8】 請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 または請求項 7 のいずれか 1 項に記載のリアクタにおいて、前記第 1 の基板ならびに前記第 2 の基板はいずれもマイクロチップであるリアクタ。

【請求項 9】 リアクタの製造方法において、複数の層を積層するときに既に形成された層の表面に加熱手段を形成して前記加熱手段が形成された層上に新たな層を積層して、内部に加熱手段が配設された第 1 の基板を形成する第 1 の処理と、所定の形状の流路の鋳型となる凸形構造を有するマスターを作成し、前記マスターを用いて型取りにより第 2 の基板を形成する第 2 の処理と、前記第 1 の処理によって形成された前記第 1 の基板と、前記第 2 の処理によって形成された前記第 2 の基板とを、前記第 2 の基板の前記所定の形状の流路が形成された面が、前記第 1 の基板の上面に配設されるようにして接合する第 3 の処理とを有するリアクタの製造方法。

【請求項 10】 リアクタの製造方法において、ガラス基板の表面に、所定の膜厚で ITO 膜を着膜する第 1 の処理と、前記第 1 の処理によって前記ガラス基板の表面に着膜された ITO 膜を、矩形形状にパターニングして加熱手段を形成する第 2 の処理と、前記第 2 の処理によって形成された加熱手段に至るように Al をパターニングして電気配線を形成する第 3 の処理と、

前記第 3 の処理が行われた前記ガラス基板の表面に、所定の膜厚で  $\text{SiO}_2$  膜を着膜する第 4 の処理と、前記第 4 の処理によって形成された  $\text{SiO}_2$  膜の表面に、所定の膜厚で ITO 膜を着膜する第 5 の処理と、第 5 の処理によって前記  $\text{SiO}_2$  膜の表面に着膜された ITO 膜を、蛇行線を描くようにパターニングして温度センサを形成する第 6 の処理と、前記第 6 の処理によって形成された温度センサに至るように Al をパターニングして電気配線を形成する第 7 の処理と、

前記第 7 の処理が行われた前記  $\text{SiO}_2$  膜の表面に、所

定の膜厚で  $\text{SiO}_2$  膜を着膜してガラス基板を完成する第 8 の処理と、シリコンウエハの表面に、フォトリソグレイス SU-8 を所定の条件でスピン塗布する第 9 の処理と、前記第 9 の処理によって SU-8 を塗布した前記シリコンウエハに、所定の形状の流路のパターンをフォトリソグラフィの手法で転写する第 10 の処理と、前記第 10 の処理が行われた前記シリコンウエハの表面に、SU-8 のスピン塗布とエッチングとを行ってマスターを形成する第 11 の処理と、前記第 11 に処理によって形成されたマスターを CHF<sub>3</sub> プラズマ雰囲気中に静置して、フルオロカーボンで処理し、前記マスターの表面にフルオロカーボン層を形成する第 12 の処理と、前記第 12 の処理が行われた前記マスターに主剤：重合剤＝10：1 の割合で混合した未重合の PDMS (Dow Corning, Sylgard 184) を流し込み、熱処理による重合によって硬化させ、PDMS 基板レプリカを形成する第 13 の処理と、前記第 13 の処理によって形成された PDMS 基板レプリカをマスターから剥がし取り、前記 PDMS 基板レプリカに注入口と排出口とを穿設して PDMS 基板を完成する第 14 の処理と、前記第 8 の処理によって完成したガラス基板と前記第 14 の処理によって完成した PDMS 基板とを、前記 PDMS 基板の前記所定の形状の流路が形成された面が、前記ガラス基板の上面に配設されるようにして接合する第 15 の処理とを有するリアクタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リアクタおよびその製造方法に関し、さらに詳細には、各種サンプルを用いた化学反応や分析を行う際に用いて好適なリアクタおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、所定の大きさの反応室を有し、当該反応室内に当該反応室の大きさに応じた所定量の各種サンプルを投入するようにして、当該反応室内において化学反応を生ぜしめ、所定の生成物の入手や各種分析などに用いるリアクタが知られている。

【0003】また、一般に、研究分野や医療分野などにおいては、汚染等を回避するために 1 回のみ使用しただけで廃棄するのに適した、即ち、使い捨て可能なリアクタが望まれている。

【0004】しかしながら、上記したような従来のリアクタは各種の構造上の制限などにより大型化せざるを得ず、こうした大型のリアクタにおいては反応室自体が大きいため、当該大きな反応室の大きさに応じて大量のサンプルが必要となり、サンプルの量が微量である場合には使用することができないという問題点があった。

【0005】さらに、従来のリアクタにおいては、当該リアクタの反応室が大きいため、当該反応室内の温度が不均一になり、反応効率が低下するとともに多くの副産物が生成されてしまうという問題点があった。

【0006】また、こうした大きな反応室を有した従来の大型のリアクタは、製造コストが増大することになって高価なものとならざるを得ず、1 回のみ使用しただけで廃棄するにはコスト的に割に合わないもので、使い捨てすることができないという問題点があった。

10 【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来の技術の有する上記したような種々の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、微量なサンプルを用いた化学反応や分析などを行うことができるようにしたリアクタおよびその製造方法を提供しようとするものである。

【0008】また、本発明の目的とするところは、反応室内の温度が均一になるようにして、反応効率の低下や多くの副産物の生成を抑止することができるようにしたリアクタおよびその製造方法を提供しようとするものである。

【0009】さらに、本発明の目的とするところは、安価に製造することができて 1 回のみ使用しただけで廃棄するのに適した、即ち、使い捨て可能なリアクタおよびその製造方法を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のうち請求項 1 に記載の発明は、内部に加熱手段が配設された平板状の第 1 の基板と、上記第 1 の基板の上面に配設され、上記第 1 の基板の上面に配置される面に所定の形状の流路が形成された平板状の第 2 の基板とを有するようにしたものである。

30

【0011】従って、本発明のうち請求項 1 に記載の発明によれば、内部に加熱手段が配設された第 1 の基板の表面に第 2 に基板の所定の形状の流路が形成された面が配設されると、リアクタのチャネル構造が密閉されて、流路内に注入された微量なサンプルを用いた化学反応や分析などを行うことができる。

40

【0012】また、第 1 の基板内部の加熱手段によって、加熱手段に対応する流路内の微量なサンプルが均一に加熱されるようになり、加熱手段に対応する流路内の温度が不均一になることがないので、反応効率が良く副産物を少なくすることができる。

【0013】さらにまた、第 1 の基板と第 2 の基板とよりなるハイブリッド構造を有しているため、第 1 の基板と第 2 の基板の交換時期を変えることができ、第 2 の基板は使用する毎に引き剥がして交換し、比較的ファブリケーションに手間とコストのかかる第 1 の基板については洗浄して繰り返し使用しようにすることができるので、リアクタ 10 は、1 回のみ使用しただけで廃棄するとい

50

う使い捨て使用に適している。

【0014】また、本発明のうち請求項2に記載の発明のように、請求項1に記載の発明において、上記第2の基板の上記流路は、複数の注入口を有するようにしてもよい。

【0015】このようにすると、複数のサンプルを同時に流路内に注入することができ、各種反応をリアクタを用いて行うことができるようになる。

【0016】また、本発明のうち請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2のいずれか1項に記載の発明において、上記第1の基板の内部に配設された上記加熱手段と上記第1の基板の上面との間に配設された温度センサを有するようにしたものである。

【0017】従って、本発明のうち請求項3に記載の発明によれば、温度センサからの電気抵抗の変化を、加熱手段に印加する直流電圧にフィードバックして、流路内の温度制御と加熱とを同時に行うことができる。

【0018】また、本発明のうち請求項4に記載の発明は、請求項1、請求項2または請求項3のいずれか1項に記載の発明において、上記第2の基板の上記流路は、上記第1の基板の上面に配設されたときに上記第1の基板の内部に配設された加熱手段と対向する区間に、上記第1の基板の上面に対して凹状に窪んだ部分を有し、当該凹状に窪んだ部分は上記第1の基板の上面に上記第2の基板が配設されたときにチャンバを形成するようにしたものである。

【0019】従って、本発明のうち請求項4に記載の発明によれば、リアクタの流路の凹部によってチャンバが加熱手段と対向する位置に形成され、流路に注入されたサンプルがチャンバ内において加熱手段による所定の温度下で所定の反応するようになる。

【0020】また、本発明のうち請求項5に記載の発明によれば、請求項4に記載の発明において、上記第1の基板の上記加熱手段は上記第1の基板の上面に沿って矩形形状の領域を有し、上記第2の基板の上記流路の上記凹状に窪んだ部分は円柱形状であって、当該円柱形状の凹状に窪んだ部分の底部の円形形状の領域が上記第1の基板の上記加熱手段の矩形形状の領域より狭いようにしたものである。

【0021】従って、本発明のうち請求項5に記載の発明によれば、第2の基板の円柱形状の凹状に窪んだ部分の底部の円形形状の領域が、第1の基板の加熱手段の矩形形状の領域より狭いのでチャンバの内部全体が加熱手段によって均一の加熱されるようになり、チャンバ内の温度が不均一になることがないので、反応効率が良く副産物を少なくすることができるとともに、高速で高精度な温度制御を実現することができる。

【0022】また、本発明のうち請求項6に記載の発明のように、請求項1、請求項2、請求項3、請求項4または請求項5のいずれか1項に記載の発明において、上

記第1の基板、上記第1の基板の内部に配設された上記加熱手段、上記温度センサーならびに上記第2の基板はいずれも透明であるようにしてもよい。

【0023】このようにすると、リアクタ全体が透明であり、当該リアクタ内に注入された生体試料の透過光や蛍光観察をすることができる。

【0024】また、本発明のうち請求項7に記載の発明のように、ガラスにより形成される平板状のガラス層と、 $\text{SiO}_2$ により形成され上記ガラス層に積層される平板状の第1の $\text{SiO}_2$ 層と、 $\text{SiO}_2$ により形成され上記第1の $\text{SiO}_2$ 層に積層される平板状の第2の $\text{SiO}_2$ 層とを有し、上記ガラス層と上記第1の $\text{SiO}_2$ 層との間において矩形形状の領域を有する第1のITO (Indium Tin Oxide) と上記第1のITOに至るAlとを配設するとともに、上記第1の $\text{SiO}_2$ 層と上記第2の $\text{SiO}_2$ 層との間において、上記ガラス層と上記第1の $\text{SiO}_2$ 層との間に配設された上記第1のITOの矩形形状の領域内に対応する領域において蛇行線を描く第2のITOと上記第2のITOに至るAlとを配設する透明な第1の基板と、PDMS (ポリジメチルシロキサン) により形成され、上記第1の基板の上記第2の $\text{SiO}_2$ 層の上面に配設されたときに上記第1の基板の上記第1のITOと対向する区間に、上記第1の基板の上記第1のITOの矩形形状の領域より狭い円形形状の領域の底部を有する円柱形状の上記第1の基板の上面に対して凹状に窪んだ部分を有する所定の形状の流路が上記第1の基板の上記第2の $\text{SiO}_2$ 層の上面に面接する面に形成された透明な第2の基板とを有し、上記第1の基板の上記第2の $\text{SiO}_2$ 層の上面に配設されたときに、上記第1の基板の上記第2の $\text{SiO}_2$ 層の上面と上記第2の基板の上記凹状に窪んだ部分とによって円柱形状のチャンバが形成されるようにしてもよい。

【0025】また、本発明のうち請求項8に記載のように、請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6または請求項7のいずれか1項に記載の発明において、上記第1の基板ならびに上記第2の基板はいずれもマイクロチップであるようにしてもよい。

【0026】このようにすると、リアクタはマイクロシステムとして装置自体が極めて小さくなり、当該リアクタを配設するスペースは少なくてすむものである。

【0027】また、本発明のうち請求項9に記載の発明は、リアクタの製造方法において、複数の層を積層するときに既に形成された層の表面に加熱手段を形成して上記加熱手段が形成された層上に新たな層を積層して、内部に加熱手段が配設された第1の基板を形成する第1の処理と、所定の形状の流路の鋳型となる凸形構造を有するマスターを作成し、上記マスターを用いて型取りにより第2の基板を形成する第2の処理と、上記第1の処理によって形成された上記第1の基板と、上記第2の処理

によって形成された上記第2の基板とを、上記第2の基板の上記所定の形状の流路が形成された面が、上記第1の基板の上面に配設されるようにして接合する第3の処理とを有するようにしたものである。

【0028】従って、本発明のうち請求項9に記載の発明によれば、第2の基板の流路の鋳型となる凸形構造を有するマスターは、何回も利用することができるので、当該マスターを再利用することによって、わずかな回数のパターニングを行うだけで多数の第2の基板を容易に作製する事が可能であるとともに、低コストでマイクロ構造を作るのに有利である。

【0029】また、本発明のうち請求項10に記載の発明のように、リアクタの製造方法において、ガラス基板の表面に、所定の膜厚でITO膜を着膜する第1の処理と、上記第1の処理によって上記ガラス基板の表面に着膜されたITO膜を、矩形形状にパターニングして加熱手段を形成する第2の処理と、上記第2の処理によって形成された加熱手段に至るようにAlをパターニングして電気配線を形成する第3の処理と、上記第3の処理が行われた上記ガラス基板の表面に、所定の膜厚でSiO<sub>2</sub>膜を着膜する第4の処理と、上記第4の処理によって形成されたSiO<sub>2</sub>膜の表面に、所定の膜厚でITO膜を着膜する第5の処理と、第5の処理によって上記SiO<sub>2</sub>膜の表面に着膜されたITO膜を、蛇行線を描くようにパターニングして温度センサを形成する第6の処理と、上記第6の処理によって形成された温度センサに至るようにAlをパターニングして電気配線を形成する第7の処理と、上記第7の処理が行われた上記SiO<sub>2</sub>膜の表面に、所定の膜厚でSiO<sub>2</sub>膜を着膜してガラス基板を完成する第8の処理と、シリコンウエハの表面に、フォトリソグرافیの手法で転写する第9の処理と、上記第9の処理によってSU-8を塗布した上記シリコンウエハに、所定の形状の流路のパターンをフォトリソグラフィーの手法で転写する第10の処理と、上記第10の処理が行われた上記シリコンウエハの表面に、SU-8のスピン塗布とエッチングとを行ってマスターを形成する第11の処理と、上記第11の処理によって形成されたマスターをCHF<sub>3</sub>プラズマ雰囲気中に静置して、フルオロカーボンで処理し、上記マスターの表面にフルオロカーボン層を形成する第12の処理と、上記第12の処理が行われた上記マスターに主剤：重合剤＝10：1の割合で混合した未重合のPDMS (Dow Corning, Sylgard 184) を流し込み、熱処理による重合によって硬化させ、PDMS基板レプリカを形成する第13の処理と、上記第13の処理によって形成されたPDMS基板レプリカをマスターから剥がし取り、上記PDMS基板レプリカに注入口と排出口とを穿設してPDMS基板を完成する第14の処理と、上記第8の処理によって完成したガラス基板と上記第14の処理によって完成したPDMS基

板とを、上記PDMS基板の上記所定の形状の流路が形成された面が、上記ガラス基板の上面に配設されるようにして接合する第15の処理とを有するようにしてもよい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面に基づいて、本発明によるリアクタおよびその製造方法の実施の形態の一例を詳細に説明するものとする。

【0031】図1(a)(b)(c)には、本発明によるリアクタの実施の形態の一例が示されており、図1(a)は、本発明によるリアクタの分解斜視図であり、図1(b)(c)は、本発明によるリアクタの概略構成断面図である。

【0032】このリアクタ10は、内部にヒータ16と温度センサ20とが配設された平板状のガラス基板12と、このガラス基板12の上面12dに配設され流路24が形成された平板状のPDMS基板14とを有して構成されている。

【0033】なお、リアクタ10全体の寸法は、例えば、縦20mm、横20mm、高さ1mmに設定され、ガラス基板12ならびにPDMS基板14はいずれもマイクロチップである。

【0034】また、後述するようにしてガラス基板12ならびにPDMS基板14はいずれも透明であるので、リアクタ10全体は透明である。

【0035】まず、ガラス基板12は、より詳細には、ガラスにより形成される平板状のガラス層12aと、SiO<sub>2</sub>により形成されガラス層12aに積層される平板状のSiO<sub>2</sub>層12bと、SiO<sub>2</sub>により形成されSiO<sub>2</sub>層12bに積層される平板状のSiO<sub>2</sub>層12cとからなるものである。

【0036】従って、ガラス基板12の上面12dは、最上層に積層されるSiO<sub>2</sub>層12cの上面と一致するものである。

【0037】さらに、ガラス層12aとSiO<sub>2</sub>層12bとの間には、ガラス基板12の上面12dに沿って矩形形状の領域を有する平板状のヒータ16と、当該ヒータ16に至る電力供給用の電気配線18とが配設されている(図2(a)参照)。

【0038】また、SiO<sub>2</sub>層12bとSiO<sub>2</sub>層12cとの間には、ヒータ16の矩形形状の領域内に対応する領域において蛇行線を描く温度センサ20と、当該温度センサ18に至る電力供給用の電気配線22とが配設されている(図2(a)参照)。

【0039】従って、温度センサ20は、ガラス層12aとSiO<sub>2</sub>層12bとの間に配置されたヒータ16とガラス基板12の上面12dとの間に位置するものであり、また、SiO<sub>2</sub>層12bとSiO<sub>2</sub>層12cとは絶縁層として、さらに、SiO<sub>2</sub>層12cはガラス基板12の表面の保護層として機能するものである。

【0040】そして、ヒータ16と温度センサ20とはいずれも、透明伝導体のITO (Indium Tin Oxide) により形成されるものであり、電気配線18、22はAlにより形成されるものである。ヒータ16、温度センサ20ならびに電気配線18、22はいずれも透明である。

【0041】さらに、ガラス層12a、SiO<sub>2</sub>層12bならびにSiO<sub>2</sub>層12cがいずれも透明なので、ガラス基板12は透明なものとなる。

【0042】一方、PDMS基板14は、PDMS (polydimethylsiloxane: ポリジメチルシロキサン) により形成される透明なマイクロチップである。

【0043】そして、PDMS基板14のガラス基板12の上面12dに配置される下面14aには、所定の形状の流路24が形成されている。

【0044】より詳細には、流路24はPDMS基板14の上面14bにおいて開口する3つの注入口24-1、24-2、24-3と、PDMS基板14の上面14bにおいて開口する1つの排出口24-4と、円柱形状の凹部24aと、3つの注入口24-1、24-2、24-3から凹部24aに至る混合部24bと、凹部24aから排出口24-4に至る排出部24cとを有するものである。

【0045】ここで、注入口24-1から混合部24bに至る流路24dならびに注入口24-3から混合部24bに至る流路24fは1箇所で屈曲しており、注入口24-2から混合部24bに至る流路24eは直線である。

【0046】また、凹部24aは、底部24aaが円形状の円柱形状を有するものであり、ガラス基板12の上面12dに対して凹状に窪み、当該ガラス基板12の上面12d、即ち、SiO<sub>2</sub>層12cの上面と凹部24aとによって円柱形状の反応チャンバ26が形成されるものである。

【0047】なお、凹部24aの底部24aaの領域は、ガラス基板12の内部に配設されたヒータ16の矩形形状の領域よりも狭くなるようにして寸法設定されている。また、凹部24aは、PDMS基板14がガラス基板12の上面12dに配置されたときに、ガラス基板12の内部に配設されたヒータ16と対向するようにして寸法設定されて配置されているものである。

【0048】従って、リアクタ10の上下方向に沿って順次、下方側に矩形形状の領域を有するヒータ16が位置し、当該ヒータ16の上方側に、当該ヒータ16の矩形形状の領域内に対応する領域において蛇行線を描く温度センサ20が位置し、さらに、当該温度センサ20の上方側に、当該ヒータ16の矩形形状の領域より狭い底部24aaを有する凹部24aによって形成される反応チャンバ26が位置するものである。

【0049】なお、流路24d、24e、24f、混合部24bならびに排出部24cの幅W<sub>1</sub>は、例えば、100μmに設定され、流路24d、24e、24f、混合部24bならびに排出部24cの高さH<sub>1</sub>は、例えば、40μmに設定され、また、注入口24-1、24-2、24-3の直径W<sub>2</sub>は、例えば、1mmに設定され、排出口24-4の直径W<sub>3</sub>は、例えば、1mmに設定されている。

【0050】また、反応チャンバ26 (即ち、底部24aa) の直径W<sub>4</sub>は、例えば、4mmに設定され、反応チャンバ26の高さH<sub>2</sub>は、例えば、40μmに設定され、このような寸法設定の場合には反応チャンバ26の容積は約1μlとなる。

【0051】次に、上記したガラス基板12とPDMS基板14とのハイブリッド構造を備えたリアクタ10を形成するためのプロセスについて、詳細に説明することとする。

【0052】図4(a)(b)(c)(d)(e)(f)(g)(h)(i)(j)には、リアクタ10の製造プロセスの概略が示されており、図5(a)(b)(c)(d)にはリアクタ10のガラス基板12の製造プロセスが詳細に示されており、図6(a)(b)(c)(d)(e)にはリアクタ10のPDMS基板14の製造プロセスが詳細に示されている。

【0053】まず、リアクタ10のガラス基板12の製造プロセスについて説明すると(図4(a)(b)(c)(d)ならびに図5(a)(b)(c)(d)参照)、はじめに、所定の方法により洗浄された20mm×20mmのガラス基板(ガラス層12aを形成するものである)の表面に、厚さ500nmのITO膜をスパッタにより着膜する(図4(a)ならびに図5(a)参照)。

【0054】そして、当該ガラス基板の表面に着膜されたITO膜を、フォトリソグラフィとウェットエッチングとを用いて矩形形状にパターニングし、ヒータ16を形成する(図4(b)ならびに図5(a)参照)。

【0055】次に、Alを真空蒸着により所定の厚さに着膜し、当該着膜されたAlを、フォトリソグラフィとウェットエッチングとを用いてヒータ16に至るようにパターニングし、電気配線18を形成する(図4(c)ならびに図5(b)参照)。

【0056】それから、厚さ約300nmのSiO<sub>2</sub>膜をスパッタにより着膜して、SiO<sub>2</sub>層12bを形成する(図4(c)ならびに図5(c)参照)。

【0057】こうしてガラス層12aとSiO<sub>2</sub>層12bとが形成されると、当該SiO<sub>2</sub>層12bの表面に厚さ500nmのITO膜をスパッタにより着膜する(図4(c)ならびに図5(d)参照)。

【0058】そして、当該SiO<sub>2</sub>層12bの表面に着膜されたITO膜を、フォトリソグラフィとウェット



エッチングとを用いて蛇行線を描くようにパターンニングし、温度センサ 20 を形成する (図 4 (c) ならびに図 5 (d) 参照)。

【0059】次に、A1 を真空蒸着により所定の厚さに着膜し、当該着膜された A1 を、フォトリソグラフィとウェットエッチングとを用いて温度センサ 20 に至るようにしてパターンニングし、電気配線 22 を形成する (図 4 (c) ならびに図 5 (d) 参照)。

【0060】それから、厚さ約 500 nm の  $\text{SiO}_2$  膜をスパッタにより着膜して、 $\text{SiO}_2$  層 12c を形成し、ガラス基板 12 が完成する (図 4 (d) ならびに図 5 (d) 参照)。

【0061】次に、リアクタ 10 の PDMS 基板 14 の製造プロセスについて説明すると (図 4 (e) (f) (g) (h) (i) ならびに図 6 (a) (b) (c) (d) (e) 参照)、はじめに、20 mm × 20 mm のシリコン (Si) ウエハ (図 4 (e)) の表面に、フォトレジスト SU-8 を所定の条件でスピン塗布する (図 4 (a) ならびに図 6 (a) 参照)。

【0062】次に、上記した PDMS 基板 14 の下面 14a の所定の形状の流路 24 のパターンを、SU-8 を塗布したシリコンウエハにフォトリソグラフィの手法で転写し (図 6 (b) 参照)、さらに、フォトレジスト SU-8 のスピン塗布とエッチングとを用いてマスター (Master) 200 を作製する (図 4 (f) ならびに図 6 (c) 参照)。

【0063】従って、作製されたマスター 200 は、PDMS 基板 14 の流路 24 の鋳型となる凸形構造を有するものである。

【0064】そして、PDMS のプレポリマーを注ぎ入れる前に、作製されたマスター 200 を  $\text{CHF}_3$  プラズマ雰囲気中に静置し、フルオロカーボンで処理して、マスター 200 の表面にフルオロカーボン層を形成する (図 4 (g) ならびに図 6 (c) 参照)。

【0065】このようなフルオロカーボン処理は、型取り後の PDMS 基板レプリカ 14' の取り外しに役に立つものである。

【0066】それから、主剤：重合剤 = 10 : 1 の割合で混合した未重合の PDMS (Dow Corning, Sylgard 184) をマスター 200 上に流し込み、熱処理による重合によって硬化させ、PDMS 基板レプリカ 14' を作製する (図 4 (h) ならびに図 6 (d) 参照)。

【0067】そして、作製された PDMS 基板レプリカ 14' をマスター 200 から剥がし取り、当該 PDMS 基板レプリカ 14' に注入口 24-1、24-2、24-3 と排出口 24-4 とを穿設して、PDMS 基板 14 が完成する (図 4 (i) ならびに図 6 (e) 参照)。

【0068】こうしてガラス基板 12 (図 4 (d) ならびに図 5 (d) 参照) と PDMS 基板 14 (図 4 (i) 50

ならびに図 6 (e) 参照) とが完成したら、当該 PDMS 基板 14 の凹部 24a とガラス基板 12 のヒータ 16 ならびに温度センサ 20 とが所定の位置で対向するように位置合わせをしながら、PDMS 基板 14 をガラス基板 12 の上面 12d に張り付け、リアクタ 10 のチャンネル構造が密閉されて、リアクタ 10 が完成する (図 1 (c) ならびに図 4 (j) 参照)。

【0069】この際、PDMS 基板 14 を形成する PDMS は平坦な表面上に対して自己溶着性を有するものであるので、当該 PDMS の自己溶着性によって、PDMS 基板 14 は特別な接合過程を必要とすることなしに、ガラス基板 12 の上面 12d に張り付いて接合する。

【0070】さらに、こうした PDMS の自己溶着性によってガラス基板 12 の上面 12d に配設された PDMS 基板 14 は、当該ガラス基板 12 の上面 12d から容易に引き剥がすことができ、PDMS 基板 14 をガラス基板 12 の上面 12d から引き剥がした後に、当該 PDMS 基板 14 の一部がガラス基板 12 の上面 12d に吸着したまま残るようなことはない。

【0071】次に、上記のようにして製造されたリアクタ 10 を用いて化学反応を行った実験結果について説明する。

【0072】この実施の形態においては、リアクタ 10 を用いて蛍光タンパク質を合成産物とする転写・翻訳反応を行い、当該反応において合成される蛍光タンパク質の蛍光量をモニタすることによって反応産物の定量化を行うものである。

【0073】反応産物たる蛍光タンパク質は、生化学分野で最も一般的に用いられている GFP (Green Fluorescent Protein) の変異体、GFPuv (6089-1, Clontech) とする。

【0074】なお、GFP 発現ベクターは、その遺伝子を予め T7 プロモーターのバインディングサイトと共に pUC19 のマルチクローニングサイトに導入したものをを用いた。

【0075】図 7 には、実験システムの構成を示す説明図が示されており、実験は全て蛍光顕微鏡 102 下で行われ、リアクタ 10 は顕微鏡 102 のステージ 102a 上に設置される。各種試薬等のサンプルは、リアクタ 10 の注入口 24-1、24-2、24-3 それぞれにシリコンチューブ 104-1、104-2、104-3 で接続されたマイクロシリンジ 106-1、106-2、106-3 により供給される。

【0076】また、リアクタ 10 の排出口 24-4 には、シリコンチューブ 104-4 が接続されており、反応産物などは排出口 24-4 からシリコンチューブ 104-4 を介してリアクタ 10 の外部に取り出されるようになされている。

【0077】さらに、リアクタ 10 内の蛍光強度は、顕

微鏡 102 の上部ポートに設置した S I T カメラ 108 (Hamamatsu Photonics K. ) で測定し、当該 S I T カメラ 108 の測定結果はモニタ 110 にリアルタイムで表示されるとともに、V T R 112 により録画可能となされている。

【0078】そして、リアクタ 10 の反応チャンバ 26 内の温度制御は、温度センサ 20 からの電気抵抗の変化を、ヒータ 16 に印加する直流電圧にフィードバックして行われる。

【0079】この際、フィードバックサイクルは 1ms で、計測制御用ソフトウェアの Lab View (National Instruments Co. ) を用いた P I D 制御により、反応の最中においてリアクタ 10 の反応チャンバ 26 内の温度は、反応至適温度の 37℃ に維持されている。

【0080】なお、リアクタ 10 の反応チャンバ 26 の温度を、室温から 37℃ まで加熱する際の加熱速度は約 20℃/sec. であり、また、恒温状態での温度誤差は ±0.4℃ で、当該リアクタ 10 においては高速で高精度な温度制御が実現される。

【0081】こうした高速で高精度な温度制御は、当該リアクタ 10 の反応チャンバ 26 の容積が約 1μl で大変小さな反応室であることと、当該小さな反応室である反応チャンバ 26 の底部 24a がヒータ 16 の矩形形状の領域より狭く寸法設定されて、反応チャンバ 26 全体がヒータ 16 によって均一の加熱されることとによって実現されるものである。

【0082】そして、まず、マイクロシリンジ 106-1 から注入口 24-1 を介して G F P u v ベクターを含む溶液を注入するとともに、マイクロシリンジ 106-3 から注入口 24-3 を介して G F P u v 合成のための RNA ポリメラーゼやリボソームやアミノ酸などを含む溶液を注入する (図 8 (a) 参照)。

【0083】それから、マイクロシリンジ 106-2 から注入口 24-2 を介してバッファを注入し、注入口 24-1、24-2、24-3 それぞれからリアクタ 10 に注入された溶液が、流路 24 の混合部 24b において混合されて反応チャンバ 26 内に至る (図 8 (b) 参照)。

【0084】そして、37℃ で一定時間保温された状態の反応チャンバ 26 内においては、供給された DNA と各種酵素等によって転写・翻訳反応が行われて、蛍光タンパク質である G F P u v が合成される。

【0085】所定時間毎にリアクタ 10 に対して励起光を照射して観察を行ったところ、各種溶液を注入する前、即ち、G F P u v の合成開始前においては、リアクタ 10 において反応チャンバ 26 の内部と当該反応チャンバ 26 の外部とでは蛍光強度の差異は観測されなかった。

【0086】しかしながら、各種溶液が注入されて G F

P u v の合成開始後 2 時間の時点では、リアクタ 10 において反応チャンバ 26 の内部の蛍光強度が、当該反応チャンバ 26 の外部に比べて強くなっており、反応チャンバ 26 内に G F P 固有の緑色発光を観測することができた。これにより、反応チャンバ 26 内において G F P u v が合成されたことが確認できる。

【0087】また、図 9 には、G F P u v 合成中の反応チャンバ 26 内の蛍光強度の時間変化を測定した結果を示すグラフが示されており、各種溶液が注入されて (図 9 における反応時間 0min) G F P u v の合成開始されると、反応時間が経過するとともに反応チャンバ 26 内の蛍光強度の上昇を観測することができ、経時的な G F P u v の合成を確認することができる。

【0088】なお、合成開始 (図 9 における反応時間 0min) からおよそ 30 分程の間においては蛍光強度の変化が見られない。これは G F P u v が合成終了後に、発色団を形成するためのフォールディングに必要とする時間を示すものと考えられる。また、合成開始からおよそ 2 時間程度で蛍光強度が飽和しているが、これは反応チャンバ 26 内に存在するアミノ酸などのタンパク質を合成するのに必要な要素を使い尽くしたため、合成が停止したためと考えられる。

【0089】従って、供給された DNA と各種酵素等による転写・翻訳反応が終了するまでは、時間に対して一定の割合で蛍光強度が増加していることから、一定の割合で G F P u v が合成されていたものと考えられる。

【0090】上記したようにして、本発明によるリアクタ 10 は、いずれもマイクロチップであるガラス基板 12 と P D M S 基板 14 とよりなるハイブリッド構造を有するようにしたので、リアクタ 10 全体をマイクロシステムとして実現することができ、例えば、リアクタ 10 全体の寸法を、縦 20mm、横 20mm、高さ 1mm に設定し、反応室たる反応チャンバ 26 の容積を約 1μl とすることができるので、微量なサンプルを用いた化学反応や分析などを行うことができる。

【0091】また、本発明によるリアクタ 10 は、ガラス基板 12 の内部に透明伝導体の I T O により形成されるヒータ 16 と温度センサ 20 とを配設するようにしたので、温度コントロール用のヒータやセンサのマイクロ化と集積化とを実現することができるとともに、温度センサ 20 からの電気抵抗の変化を、ヒータ 16 に印加する直流電圧にフィードバックして、反応チャンバ 26 内の温度制御と加熱とを同時に行うことができる。

【0092】さらに、本発明によるリアクタ 10 は、反応チャンバ 26 の容積を約 1μl と極めて小さくし、当該反応チャンバ 26 の底部 24a がヒータ 16 の矩形形状の領域より狭く寸法設定されるようにしたので、反応チャンバ 26 の内部全体がヒータ 16 によって均一の加熱されるようになり、反応チャンバ 26 内の温度が不均一になることがないので、反応効率が良く副産物を少



なくすることができる。

【0093】さらにまた、本発明によるリアクタ10は、例えば、上記したような反応系において（図7乃至図9参照）、約20℃/sec.の加熱速度と恒温状態での温度誤差は±0.4℃という高速で高精度な温度制御を実現するものである。

【0094】また、本発明によるリアクタ10の製造プロセスにおいては（図4乃至図6参照）、PDMS基板14の流路24の鋳型となる凸形構造を有するマスター200は、型取りの前にフルオロカーボン処理をするだけで、何回も利用することができるものである。

【0095】従って、当該マスター200を再利用することによって、わずかな回数のパターンニングを行うだけで多数のPDMS基板14を容易に作製する事が可能であるとともに、低コストでマイクロ構造を作るのに有利である。

【0096】また、本発明によるリアクタ10は、ガラス基板12とPDMS基板14とよりなるハイブリッド構造を有しているの、コストのかからないPDMS基板14は使用する毎に引き剥がして交換し、比較的アプリケーションに手間とコストのかかるガラス基板12については洗浄して繰り返し使用することができる。

【0097】このような製造プロセスを勘案すると、リアクタ10は極めて安価に製造することが可能であるので、1回のみ使用しただけで廃棄するという使い捨て使用に適している。

【0098】そして、このような使い捨て可能なリアクタ10は、クロスコンタミネーションの確率が低く、かつ、複雑な温度制御機構を保ちながらも、コスト的に安いディスプレイシステムを構築することができるので、研究分野や医療分野などにおける要望を満たすものであり、例えば、検査に際しての即時的な化学反応を可能にして臨床医療の現場での高効率化などに寄与するものと考えられる。

【0099】さらに、本発明によるリアクタ10は、例えば、リアクタ10全体の寸法を、縦20mm、横20mm、高さ1mmに設定し、当該リアクタ10はマイクロシステムとして装置自体が極めて小さいため、当該リアクタ10を配設するスペースは少なくてすむものである。

【0100】従って、例えば、極地作業用ロボットなどの各種自動ロボットに、従来のリアクタは大型であるために搭載することが不可能であったが、本発明によるリアクタ10は小型なので搭載することができ、当該リアクタ10を用いて極地環境の観測を実現することができる。

【0101】また、本発明によるリアクタ10は、ヒータ16、温度センサ20、電気配線18、22はいずれも透明であって、ガラス基板12ならびにPDMS基板14が透明なので、当該リアクタ10全体は透明であ

り、当該リアクタ10内に注入された生体試料の透過光や蛍光観察をすることができる。

【0102】さらに、本発明によるリアクタ10は、上記したようにして所定のサンプルを用いて蛍光タンパク質を合成産物とする転写・翻訳反応（図7乃至図9参照）を行うことができるので、遺伝子組換えによる生産方法を用いることなしに、当該リアクタ10を用いて遺伝子からタンパク質を精製することができ、各種の反応条件を細かく制御しながら高効率でタンパク合成をすることが可能になる。

【0103】なお、上記した実施の形態は、以下の

（1）乃至（6）に説明するように適宜に変形してもよい。

（1）上記した実施の形態においては、リアクタ10を形成する各種材料を例示したが、これに限られるものではないことは勿論であり、各種用途などに応じた材料を用いてリアクタ10を形成するようにしてもよく、例えば、ガラス基板12のガラスにより形成されるガラス層12aに代わって、シリコン（Si）ウエハを用いるようにしてもよく、ヒータ16と温度センサ20とをSnO<sub>2</sub>によって形成するようにしてもよく、PDMS基板14をPDMSに代わってプラスチックやガラスなどによって形成するようにしてもよい。

【0104】従って、各種用途などに応じては所定の材料を用い、リアクタを不透明な状態で形成するようにしてもよい。

【0105】（2）上記した実施の形態においては、リアクタ10全体の寸法や流路24の寸法など例示したが、これに限られるものではないことは勿論であり、必要に応じて任意に設定することができるものであり、各種用途などに応じて寸法設定するようにしてもよい。

【0106】（3）上記した実施の形態においては、リアクタ10にヒータ16と温度センサ20とを配設して、反応チャンバ26内の温度制御と加熱とを行うようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、リアクタ10にファンやペルチェ素子など配設するようにして、加熱のみならず冷却も可能とし、より微量で高速度でのPCR反応などに応用範囲を広げることができる。

【0107】（4）上記した実施の形態においては、流路24の形状は図3に示すような形状としたが、これに限られるものではないことは勿論であり、各種用途などに応じて変更するようにしてもよく、例えば、図10に示すように、注入口24-1から混合部24bに至る流路24d'ならびに注入口24-3から混合部24bに至る流路24f'を直線にしてもよい。

【0108】また、流路24の凹部24aの底部24aaの形状は円形状に限られることなしに、楕円形状や矩形形状であってよく、当該底部24aaの形状に応じた反応チャンバ26が形成されるようにしてもよい。

【0109】さらに、流路 24 の注入口 24-1、24-2、24-3 や排出口 24-4 の個数もそれぞれ 3 個と 1 個とに限られることなしに、流路 24 にサンプルを注入したり流路 24 から反応産物を取り出したりするための開口部が少なくとも 1 個以上あるようにすればよい。

【0110】さらにまた、流路 24 に凹部 24a を形成しないようにし、反応チャンバ 26 を介さずに混合部 24b と排出部 24c とが直接繋がるようにして、注入口 24-1、24-2、24-3 からサンプルを連続的に注入し続けるとともに、排出口 24-4 から反応産物を連続的に取り出して、反応スピードが速い化学反応に用いることができる。

【0111】(5) 上記した実施の形態においては、ただ 1 つのリアクタ 10 を用いるようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、リアクタ 10 を複数用いてもよい。

【0112】例えば、リアクタ 10 を並列化して複数個用いることにより、複数の変異遺伝子の合成を同時に多数処理することなどが可能になる。この際、リアクタ 10 自体を並列化するのに伴って、多種類の溶液をリアクタ内に導入する為の外部とのインタフェースや送液を行うシステムなど、リアクタの周辺機器の自動化や並列化を含めた各種変更を行うようにすればよい。

【0113】(6) 上記した実施の形態ならびに上記 (1) 乃至 (5) に示す変形例は、適宜に組み合わせるようにしてもよい。

【0114】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、微量なサンプルを用いた化学反応や分析などを行うことができるリアクタおよびその製造方法を提供することができる。

【0115】また、本発明は、以上説明したように構成されているので、反応室内の温度が均一になり、反応効率の低下や多くの副産物の生成を抑止することができるようにしたリアクタおよびその製造方法を提供することができる。

【0116】また、本発明は、以上説明したように構成されているので、安価に製造することができて 1 回のみ使用しただけで廃棄するのに適した、即ち、使い捨て可能なリアクタおよびその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明によるリアクタの実施の形態の一例が示されており、(a) は、本発明によるリアクタを示す分解斜視図であり、(b) (c) は、本発明によるリアクタを示す概略構成断面図である。

【図 2】(a) は、本発明によるリアクタのヒータと温度センサとを中心にした拡大斜視図であり、(b) は、本発明によるリアクタの反応チャンバを中心にした

た拡大説明図であり、(c) は、本発明によるリアクタを示す要部拡大斜視図である。

【図 3】本発明によるリアクタの PDMS 基板の流路を中心にした概略構成説明図である。

【図 4】(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) は、本発明によるリアクタの製造プロセスを示す概略説明図である。

【図 5】(a) (b) (c) (d) は、本発明によるリアクタのガラス基板の製造プロセスを示す概略説明図である。

【図 6】(a) (b) (c) (d) (e) は、本発明によるリアクタの PDMS 基板の製造プロセスを示す概略説明図である。

【図 7】本発明によるリアクタを用いた実験システムの構成を示す説明図である。

【図 8】本発明によるリアクタを用いた実験システムの過程が示されており、(a) は、2 種類のサンプルがそれぞれ注入されたときの流路を中心にした説明図であり、(b) は、(a) の後にバッファが注入されたときの流路を中心にした説明図である。

【図 9】本発明によるリアクタを用いての GFPuv 合成中の反応チャンバ内の蛍光強度の時間変化を示すグラフである。

【図 10】本発明によるリアクタの実施の形態の他の例を示す概略構成断面図である。

【符号の説明】

10	リアクタ
12	ガラス基板
12a	ガラス層
12b、12c	SiO <sub>2</sub> 層
12d	上面
14	PDMS 基板
14'	PDMS 基板レプリカ
14a	下面
14b	上面
16	ヒータ
18、22	電気配線
20	温度センサ
24	流路
24-1、24-2、24-3	注入口
24-4	排出口
24a	凹部
24aa	底部
24b	混合部
24c	排出部
24d、24e、24f、24d'、24f'	流路
26	チャンバ
102	顕微鏡
102a	ステージ
104-1、104-2、104-3、104-4	

シリコンチューブ

\* 110

モニタ

106-1、106-2、106-3 マイクロシリ

112

VTR

ンジ

200

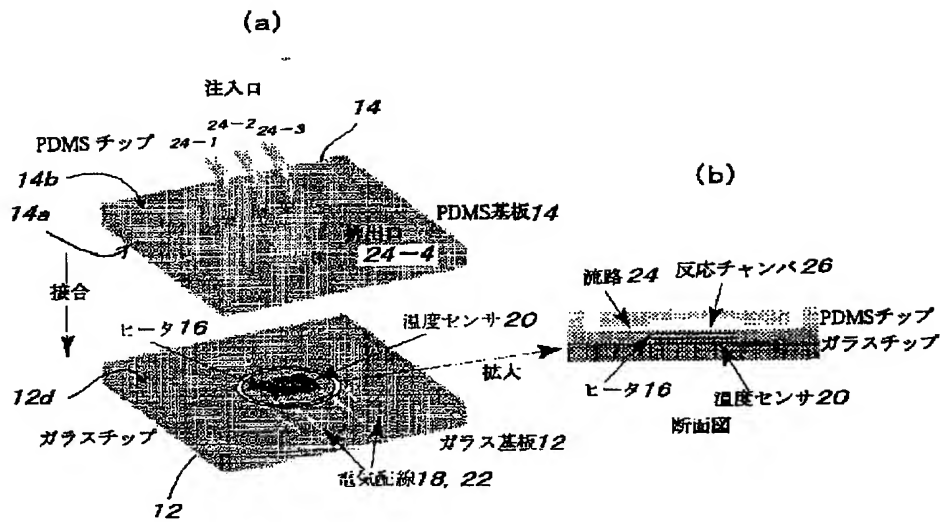
マスター (Master)

108

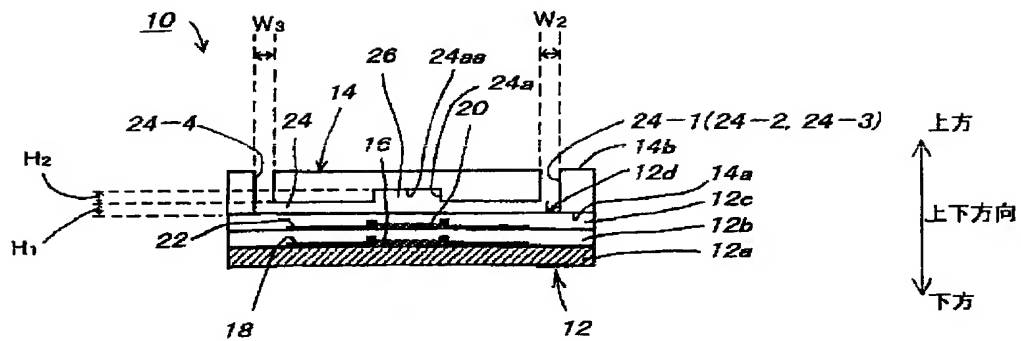
SITカメラ

\*

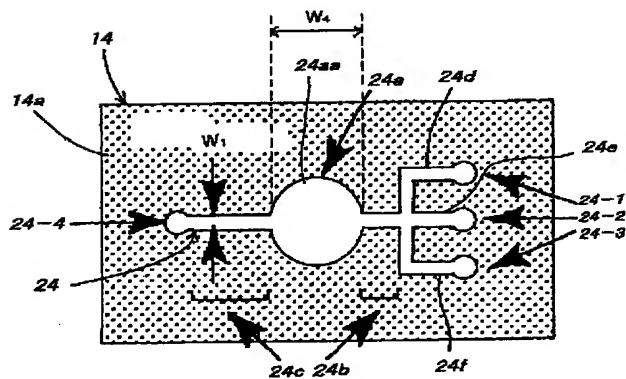
【図1】



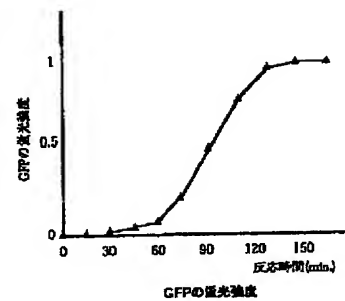
(c)



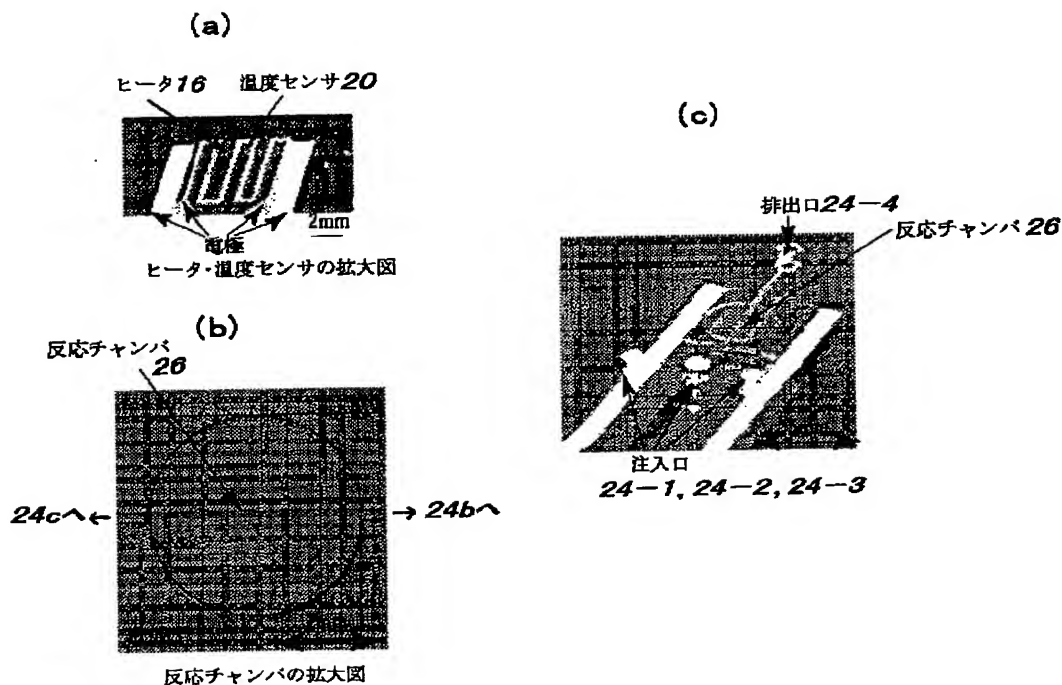
【図3】



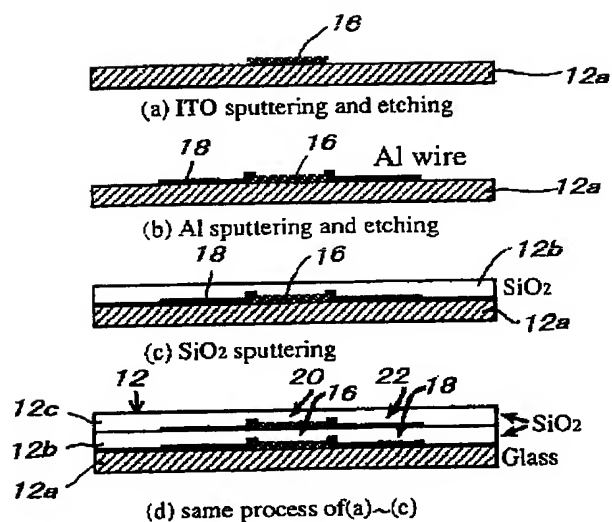
【図9】



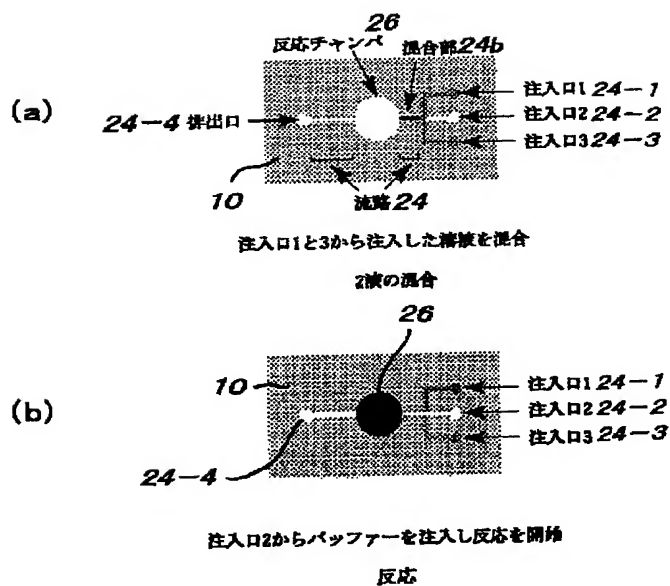
【図 2】



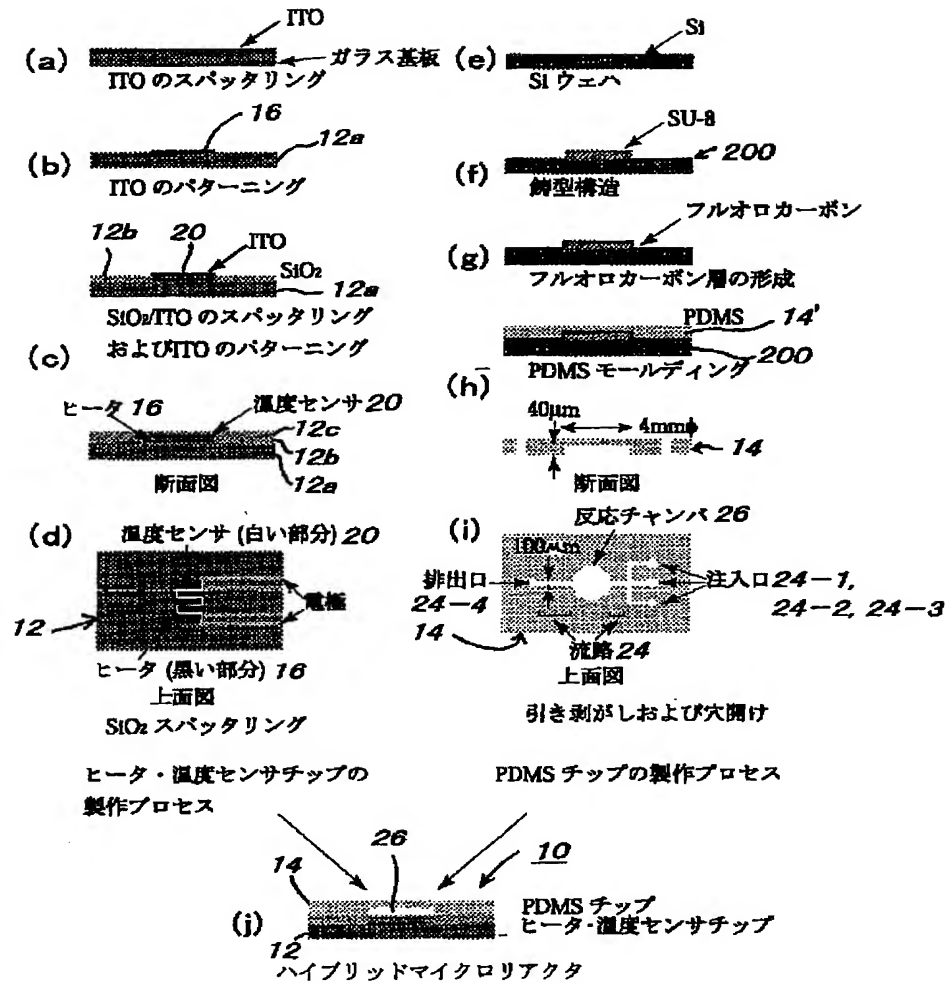
【図 5】



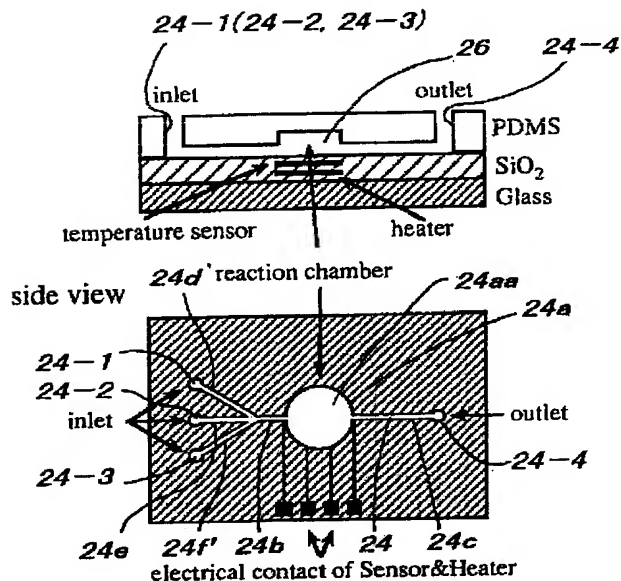
【図 8】



【図4】



【図10】







(72) 発明者 遠藤 勲  
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所  
内

F ターム(参考) 2G042 AA01 AA10 BD19 FA11 GA01  
HA05  
2G059 AA05 BB12 CC16 DD03 DD12  
DD17 EE01 EE07 FF01 FF03  
FF05 FF12 JJ11 KK04 NN10  
PP04  
4G075 AA13 CA02 EA02 EA05 EB21  
FA12 FB01 FB04 FB06 FB12  
FC04  
4K029 AA09 BA03 BA45 BA46 BA47  
BB02 BC08 BD00 CA05 GA01  
GA03 GA05 HA01 HA07

